

INSTITUTO DE
ARQUITECTURA
TROPICAL

INSTITUTE FOR
TROPICAL
ARCHITECTURE

ELADIO DIESTE AND THE EVOLUTION FROM BRICKWORK TO ARCHITECTURAL FORM ELADIO DIESTE Y LA EVOLUCION DEL LADRILLO A LA FORMA ARQUITECTONICA

JOSE MARIA CABEZA LAINEZ 1,
JUAN RAMON JIMENEZ VERDEJO 2,
BENITO SANCHEZ-MONTANES MACIAS 3,
JOSE IGNACIO PEREZ CALERO 1

ESPAÑA

Contact Author: Jose Maria Cabeza Lainez,
Professor of the School of Architecture at the
University of Seville, 6-4-33,
Fukui, Nishi-ku, 063-0012 Sapporo. Japan
Tel: (011) 663 4943 Fax: (011) 663 4943
e-mail: crowley@us.es

1 Professor, School of Architecture. University of Seville (Spain).

2 Lecturer. School of Architecture. University of Shiga Prefecture
(Spain).

3 Associate Professor, School of Architecture. University of
Seville (Spain).

ABSTRACT

In this paper we intend to outline the genius of Eladio Dieste, a Uruguayan creator which can be defined as truly modern for America and the world in his architectural expression. His leitmotiv was the use of science and technology to solve not only formal but also social problems. Dieste excels in the search of economic techniques adequate for enhancing creativity and human dignity. His avant-garde solutions are rooted in tradition and thus reflect the true character and untamed force of the Americas. He offered a new basis on which to cement a sustainable architecture of unquestioned prevalence in this Nature-blessed Continent.

We are dealing here with something rather unusual in the field of building construction: an almost isolated author capable of introducing technical innovations which can be both poetical and environmentally friendly. A builder who, confronted with the vast expansions of his native plains, invents a new tradition to put science at the service of people and architecture. The voice of underdeveloped countries is distinctly heard in the soft tones of Eladio Dieste's architectural works. As his legacy has been somehow neglected, it is our hope with the present discussion on some of Dieste's design insights to revive his methods and make architects more aware of the real significance of his compassionate and yet unequalled mastery.

Keywords: modern architecture, roussillon vaults, brick shell construction, laminar construction.

INTRODUCTION

Educated as an engineer, Eladio Dieste (1917-2000), produced between 1945 and 1975 a whole set of outstanding architectural works that enhanced a simple traditional material like brick or masonry conferring at the same time upon it both the ductility and mechanical capacity of reinforced concrete by virtue of a hybrid technique that we will call for now "reinforced ceramic construction".¹

RESUMEN

Esta investigación, intenta delinear el genio de Eladio Dieste, un creador uruguayo, que puede definirse como realmente moderno para América y el mundo en su expresión arquitectónica. Su motivación fue el uso de la ciencia y la tecnología para resolver tanto los problemas formales como sociales. Dieste se destacó en la búsqueda de técnicas económicas adecuadas para resaltar la creatividad y dignidad humanas. Sus soluciones de vanguardia encuentran sus raíces en los ejemplos vernaculares y por tanto reflejan el verdadero carácter y la indómita fuerza americana. Ofrece nuevas bases para cimentar una arquitectura sostenible en este continente incuestionablemente bendito por la Naturaleza.

Aquí estamos tratando con algo inusual en el campo de la construcción: un autor aislado capaz de introducir novedades tecnológicas que son poéticas y ambientalmente amigables. Un constructor que, confrontado con las vastas extensiones de las planicies nativas, inventa una nueva tradición para poner la ciencia al servicio de la gente y la arquitectura. La voz de los países subdesarrollados se escucha diferente en los suaves tonos del trabajo arquitectónico de Eladio Dieste. Como su trabajo ha sido de alguna manera desatendido, es nuestra esperanza con esta discusión de la percepción de algunos de sus diseños revivir sus métodos y hacer a los arquitectos más atentos del real significado de su maestría compasiva e inigualable.

Palabras clave: arquitectura moderna, bóvedas roussillon, construcción concha de ladrillos, construcción laminada.

INTRODUCCION

Formado como ingeniero, Eladio Dieste (1917-2000), produjo entre 1945 y 1975 un grupo de obras arquitectónicas que realzaron un material simple y tradicional, como el ladrillo y la albañilería, confiriéndole al mismo tiempo tanto la ductibilidad como la capacidad mecánica del concreto reforzado en virtud de una tecnología híbrida que llamaremos "construcción de cerámica reforzada".¹

The idea of compensating for the lack of tensile strength of stone materials and especially masonry has been recurrent throughout history. Nonetheless, their main developments have appeared since metallic materials experienced an unprecedented evolution, which culminated with the mass production of iron and especially of steel. Previously the role of metals, however abundant in weapons and warfare, had been very limited in building construction.²

Such industrial uses of steel, introduced a set of architectural procedures that in the long run made possible the work of Eladio Dieste. In a short historical recollection, we have found that those types of architecture are by all means connected to a certain constructive tradition stemming from the 20th century and even before. We believe that this tradition has much to do with the remembrance of the Mediterranean³ and the use of discrete materials, humble and in many cases hand-produced.

La idea de compensar la falta de tensión de los materiales rocosos y especialmente la albañilería, ha sido recurrente a través de la historia. Sin embargo, su principal desarrollo apareció desde que los materiales metálicos experimentaron una evolución sin precedentes, la cual culminó con la producción masiva del hierro. Anteriormente, el uso de los metales, abundante en armas y elementos de guerra, había sido limitado en la construcción.²

El uso industrial del acero, introdujo una serie de procedimientos que a largo plazo hizo posible el trabajo de Eladio Dieste. En una recolección histórica, encontramos que estos tipos de arquitectura están de alguna manera conectados a una tradición constructiva originada en el siglo XX y aún antes. Creemos que esta tradición tiene mucho que ver con la semejanza con el Mediterráneo³ y el uso de materiales discretos, humildes, y en muchos casos, producidos a mano.

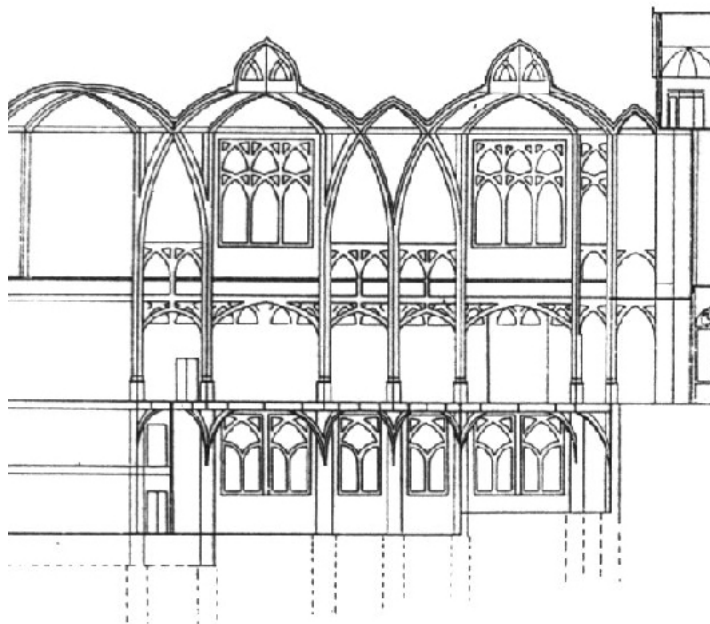


Fig. 1. Section through the nave of the church of Saint Jean de Montmartre /
Corte a través de la nave de la Iglesia de Saint Jean de Montmartre

EVOLUTION OF THE SYSTEM

While the vicissitude of reinforced concrete with the achievements of Hennebique and others is well known, this was not the case regarding the French Engineer Paul Cottancin's patenting of the system of ciment armé, in 1890, which mainly consisted in brick elements interspersed with wires and cement layers.

EVOLUCION DEL SISTEMA

Mientras las vicisitudes del concreto armado con los logros de Hennebique y otros es bien conocido, éste no fue el caso del ingeniero francés Paul Cottancin al patentar el sistema del concreto armado, en 1890, la cual principalmente consistió en elementos de ladrillos atravesados por alambres y capas de cemento.

Such a discovery immediately interested architects like Anatole De Baudot who employed it successfully in his church of Saint Jean de Montmartre. The intricate vaults of Saint Jean are related to a series of grande salle projects completed by Baudot like the proposal for the Paris Exposition of 1900. In these projects the advantages and inconveniences of adopting the novel brick technique can be clearly understood. As expected, the complexity of the system soon rendered it out of date.

Este descubrimiento interesó de inmediato a los arquitectos como Anatole De Baudot quien lo empleó con éxito en la Iglesia de Saint Jean de Montmartre. Las intrincadas bóvedas de Saint Jean se relacionan con una serie de grandes salas, proyectadas por Baudot como propuesta para la Exposición Universal de París de 1900. En este proyecto, las ventajas e inconvenientes de adoptar la nueva técnica con ladrillos, se entienden perfectamente. Como se comprende, la complejidad del sistema lo volvió rápidamente anticuado.



Fig. 2: Interior of the Church of Saint Jean de Montmartre, Paris.

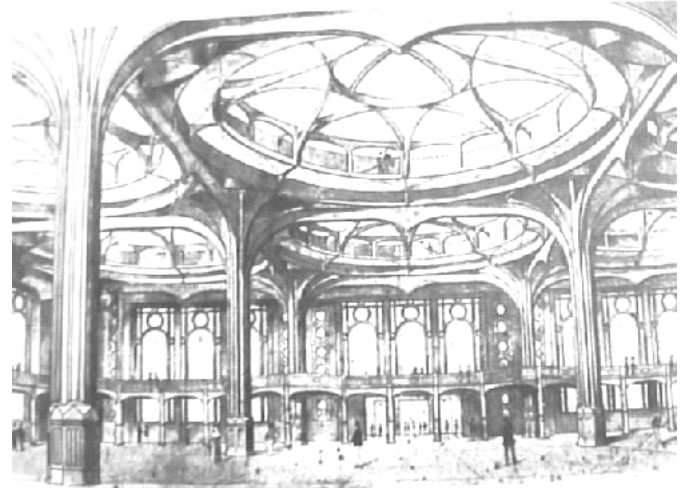


Fig. 3: A famous Grande Salle project by De Baudot.

At about the same time and to the other side of the Atlantic, the architect Rafael Guastavino, born in Valencia, had shown especially in the East Coast area of Spain the many possibilities of what he called cohesive construction.⁴

Casi al mismo tiempo y al otro lado del Atlántico, el arquitecto Rafael Guastavino, nacido en Valencia, mostró especialmente en la costa oeste de España, las variadas posibilidades de lo que llamó construcción cohesiva.⁴

Fig. 4: Construction drawing of Guastavino and Co. for the Saint Paul Chapel at the University of Columbia (1905-1906).

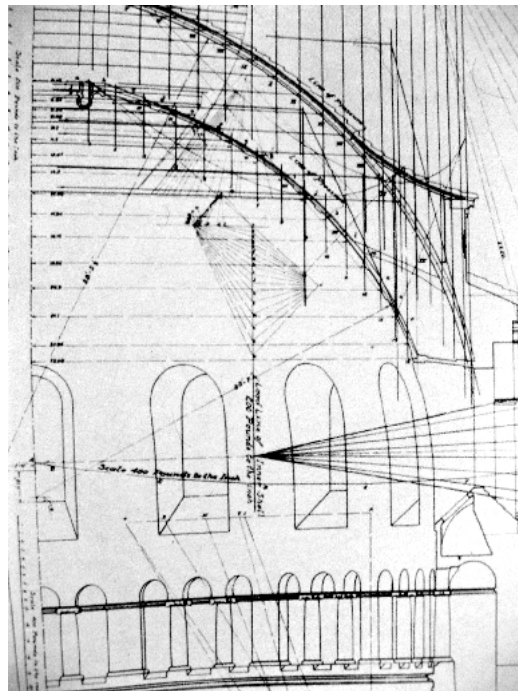


Fig. 4: Dibujos constructivos de Guastavino y Co. para la Capilla de Saint Paul en la Universidad de Columbia (1905-1906).

That term roughly equated to a roofing technique based on a unique type of masonry known as Roussillon or Catalan vaults. In summary, curved roofs composed by one or several layers of thin hollow brick (rasilla), in which the lower of them is inlaid with gypsum mortar thus achieving almost immediate stiffness and allowing the use of permanent scaffolding to be almost avoided. However, there is every reason to believe that the vaults came previously to Latin America with the Spaniards. McAndrew reports them in the Capilla Real of Cholula in the mid-sixteenth century, assuming them to be of local invention.⁵

Este término incultamente equipara a una técnica de techos de un tipo de albañilería única conocida como Roussillon o Bóvedas catalanas. En resumen, los techos curvos compuestos de una o varias capas de ladrillos huecos delgados (rasilla), en la cual la más baja está repellada con mortero gypsum que logra la dureza inmediata y evita el uso de andamios permanentes. Aún así, existen varias razones para creer que la bóveda la introdujeron los españoles a América Latina. McAndrew las reporta en la capilla real de Cholula de mediados del siglo XVI, asumiendo que es de invención local.⁵



Fig. 5. The Capilla Real of Cholula near Puebla (Mexico) with 49 domes, 23 of which were opened for lighting and ventilating purposes. 6.

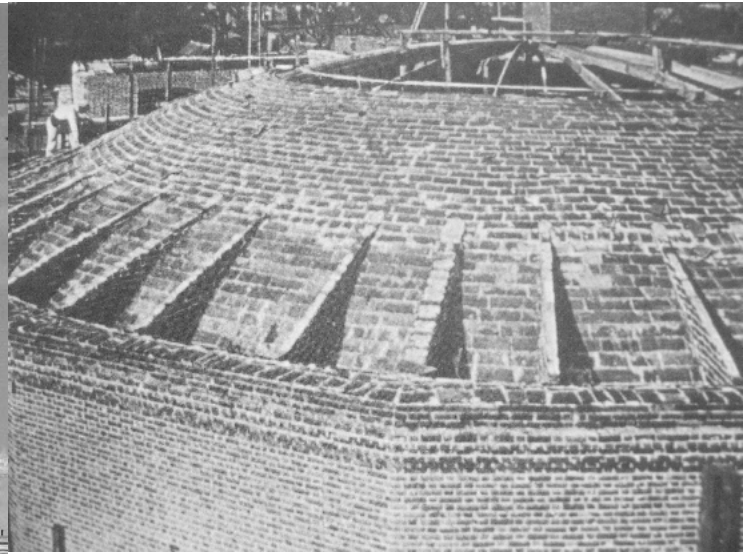


Fig. 6. R. Guastavino. East Boston High School. 1899.

They very likely came from Spain but not, as he notes, from any of the Spanish muslim structures which the chapel otherwise resembles. The only earlier North American examples were Robert Mill's ingenious cohesive vaults in Washington, D. C., which seem to have had no imitations. They may have sprung from the French tradition, as is suggested by Bannister.⁷

Es muy posible que hayan venido de España, pero no, como lo apunta, de las muchas estructuras musulmanas a la cual la capilla se asemeja. El único ejemplo temprano norteamericano en el cual se usó bóvedas cohesivas, fue el ingenio de Robert Mill en Washington, D. C., que parece no tener imitaciones. Lo deben haber extraído de la tradición francesa, como lo sugiere Bannister.⁷

It remains unclear if Guastavino and Co. included any type of steel reinforcement inside these constructions. Be this as it may, such works proved economical and not exempt of dignity and the Company attained nation-wide recognition.⁸

No está claro si Guastavino and Co. incluyó concreto reforzado en estas construcciones. Si así fue, estas obras probaron ser económicas y no exentas de dignidad, la empresa alcanzó reconocimiento nacional.⁸

The Guastavinos, father and son, developed in the USA and to a wider scale, construction tech-

Los Guastavinos, padre e hijo, desarrollaron en USA y en mayor escala, técnicas constructivas

niques which had thriven in the Mediterranean for many years and, at the beginning of the twentieth century, were still alive within local guilds of masons. Guastavino is buried at Asheville (NC) and a distinguished admirer, the structural engineer and architect Felix Candela, even chose the same cemetery for his interment as posthumous homage⁹.

The said Mediterranean connection is evident when we analyze for example the first cable-buttressed vaults of the Garraf Houses (Costa Brava) of 1935 by Torres Clave and Josep Lluís Sert.¹⁰ Sert will resort to this construction type from Massachusetts, where he was dean of the Faculty of Architecture, when in 1954 he projects and builds the atelier for the painter Joan Miró in Palma de Majorca.¹¹

que habían florecido en el Mediterráneo por muchos años, y que al comienzo del siglo XX permanecían aún vivas entre los gremios de obreros locales. Guastavino está enterrado en Asheville (NC) y un distinguido admirador, el ingeniero estructural Félix Candela, escogió hasta el mismo cementerio para su entierro, como homenaje póstumo.⁹

La llamada conexión mediterránea es evidente cuando se analiza por ejemplo la primera bóveda atirantada con cables de la Casa Garraf (Costa Brava) de 1935 de Torres Clave and Josep Lluís Sert.¹⁰ Sert recurrió a este tipo de construcción cuando en 1954, desde Massachusetts, donde fue director de la Facultad de Arquitectura, proyectó y construyó el atelier para el pintor Joan Miró en Palma de Mallorca.¹¹



Fig. 7: The atelier for the painter Joan Miró in Palma de Majorca designed by Josep Lluís Sert (1954). El atelier del pintor Joan Miró, diseñado por Josep Lluís Sert en Palma de Mallorca(1954).

Around this time and probably to the approval of Sert, a great deal of substantive facts had taken place for our story. One of these facts reveals itself in the project of the Maisons Jaoul by Le Corbusier initiated in the 1930s though eventually built in 1952. This project much alarmed the late architect Sir James Stirling for its want of any type of industrialised material as it was composed chiefly by stone walls and brick vaults. One of the main contributors to the building was the young architect Antoni Bonet.¹²

Por este época y probablemente para aprobar a Sert, una serie de hechos substantivos se dieron lugar para nuestra historia. Uno de ellos fue el proyecto de Le Corbusier Maisons Jaoul iniciada en 1930 y construida por el 1952. Este proyecto alarmó al arquitecto James Stirling por su deseo de cualquier tipo de material industrializado como se componía principalmente de paredes de piedra y bóvedas de ladrillos. Uno de los colaboradores principales en este proyecto fue el joven arquitecto Antoni Bonet.¹²

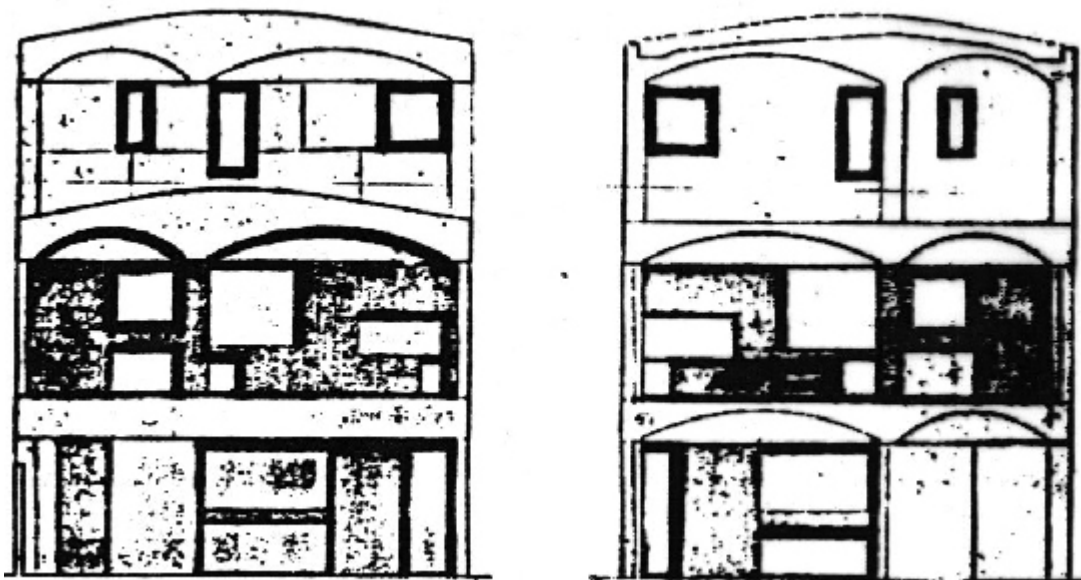


Fig. 8: The Maisons Jaoul by Le Corbusier.

Bonet, who was not eager to return to post-war Spain, established a practice in Buenos Aires in association with the Argentinean architects Ferrari and Kurchan. In one of their first projects for the capital of the Plata River, the ateliers at the crossroad of Suipacha and Paraguay, he commissions Eladio Dieste with the construction of the Catalan vaults. The Uruguayan decides on the provision of a steel reinforcement for the structure since the vaults suggested by Bonet were excessively steep.

Bonet, quien no tenía interés en regresar a la España de la post guerra, estableció su práctica en Buenos Aires en sociedad con los arquitectos Ferrari y Kurchan. En uno de sus primeros proyectos para la capital del río de La Plata, los ateliers en el cruce de Suipacha y Paraguay, comisionaron a Eladio Dieste para la construcción de las bóvedas catalanas. El uruguayo decidió reforzar el acero para la estructura, pues las bóvedas sugeridas por Bonet eran extremadamente pesadas.



Fig. 9: Ateliers at the crossing of Suipacha and Paraguay Street with vaulted penthouses (Buenos Aires). Bonet, Ferrari and Kurchan. Ateliers en el cruce de Suipacha y Paraguay, con penthouses abovedados. Buenos Aires, Argentina, Bonet, Ferrari and Kurchan.

TECHNIQUES OF ANALYSIS

The procedures for structural analysis devised by Dieste in order to realize his “ceramic shells” are not very different from those simplified methods usually employed, under the general denomination of the Lundgren method, for the calculation of cylindrical concrete shells.¹³

Curious variations appear though as functions of material and curvature of the shells. A superb example of this appears in 1936 in the port of Wakkanai, Hokkaido (Japan). It is a break-water dome 424 metres long and 13.8 metres high designed by Tsuchiya Minoru.¹⁴

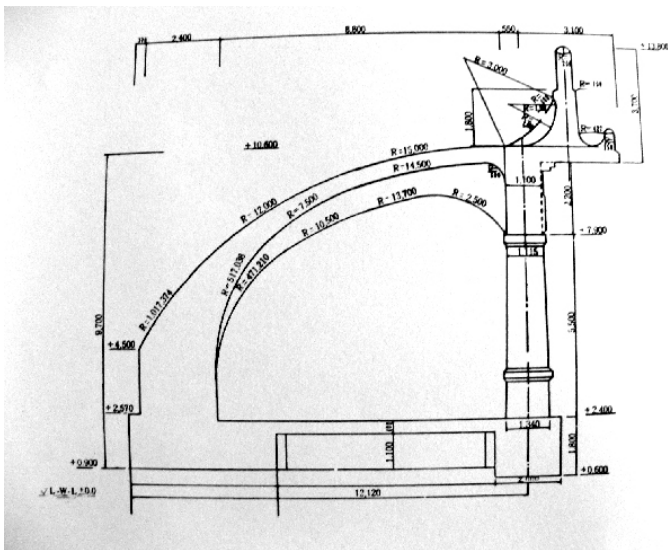


Fig. 10. Section of Wakkanai break-water dome by Tsuchiya Minoru. Corte transversal del Wakkanai break-water dome, de Tsuchiya Minoru.

The Lundgren method is usually referred to as “beam theory” since its main principle is to assume that the whole shell performs as a great beam whose cross section is the arch defined by the laminar profile selected. In such condition we may employ the well-known formulas in resistance of materials which introduce the bending moment divided by the moment of resistance of the cross section. By virtue of them we could obtain the stresses along the generatrices of the shell as:

$$N_x = \frac{M_{yy}}{I_{yy}} * z * d$$

TECNICAS DE ANALISIS

Los procedimientos para el análisis estructural inventado por Dieste para realizar sus “conchas de cerámica” no son muy diferentes de los métodos simplificados usualmente empleados bajo la denominación general del método Lundgren para el cálculo de las conchas cilíndricas de concreto.¹³ Variaciones curiosas aparecen a través de las funciones del material y la curvatura de las conchas. Un ejemplo soberbio aparece en 1936 en el puerto de Wakkanai, Hokkaido (Japón). Es un domo rompedor de aguas de 424 metros de largo y 13.8 metros de altura diseñado por Tsuchiya Minoru.¹⁴



Fig. 11. Recent view of Wakkanai break-water dome (Hokkaido). Vista reciente del Wakkanai break-water dome (Hokkaido).

El método Lundgren usualmente se refiere a la “teoría de la viga” ya que su principio principal es asumir que el comportamiento de la concha como una gran viga cuya sección transversal es un arco definido por el perfil laminar seleccionado. En estas condiciones podemos emplear las bien conocidas fórmulas de resistencia de materiales que introduce el momento de flexión dividido por el momento de resistencia de la sección transversal. En virtud de lo cual obtenemos las cargas a lo largo de las generadoras de la concha como:

$$N_x = \frac{M_{yy}}{I_{yy}} * z * d$$

where I_{yy} , is the moment of inertia at the y axis (vertical in a symmetrical membrane). In the case of circular directrix its integral expression would be: ¹⁵

$$I_{yy} = 2d \int_0^{\theta_c} a^2 d\theta \left(a^2 \cos^2 \theta - \frac{a^4 \sin^2 \theta}{\theta_c} \right)^2$$

We could obtain the shear stresses by virtue of the second law in materials science namely:

$$N_{x\theta} = \frac{V \cdot Q}{2 \cdot I_{yy}}$$

Above, V represents the stresses and Q is the static moment of the section.

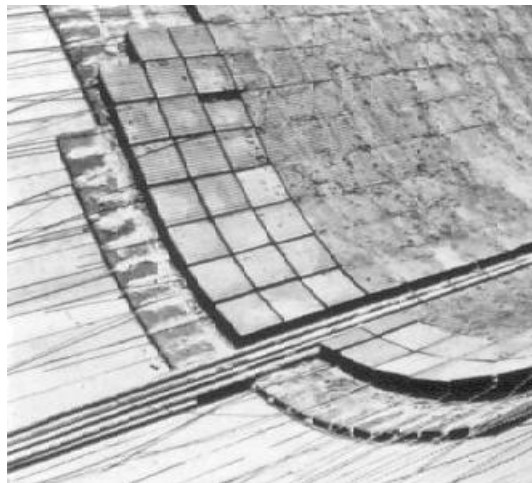


Fig. 12. Reinforcement bars between blocks used by Dieste.

Once we have found this stress distribution, the analysis is completed considering the shell as a continuous arch and applying any system of calculation of hyperstatic arches like the Column Analogy presented by Hardy Cross around 1930 ¹⁶. Thus, we would eventually obtain other relevant stresses like for instance N_ϕ , M_ϕ or M_x . Provided that the stresses are given by this or other supplementary system it is remarkable that Dieste has to resort to traditional methods of materials science to determine the reinforcement bars needed for his shells ¹⁷. In other words, the methods used for reinforced concrete like the parabola-rectangle principle or the maximum moment law are not suitable here because the

Donde I_{yy} es el momento de inercia en el eje y (vertical en una membrana simétrica). En e caso de la directriz circular su expresión integral sería:

Podemos obtener la menos carga en virtud de la segunda ley en la ciencia de los materiales:

Donde, V representa la carga y Q es el momento estático de la sección.

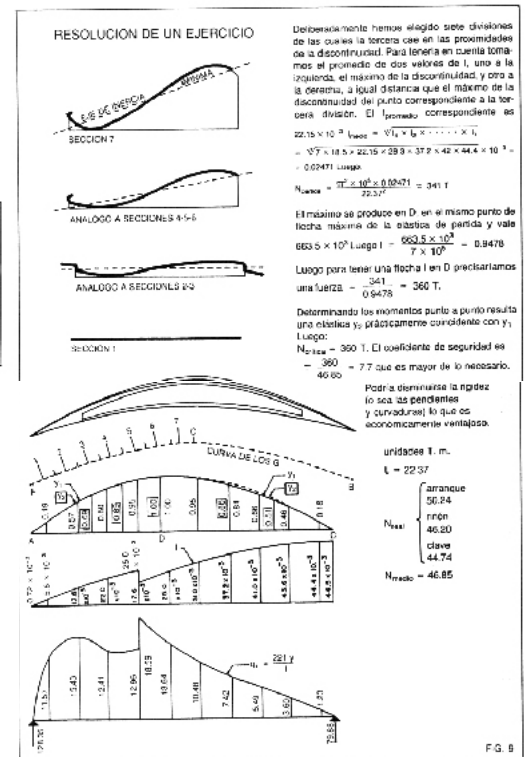
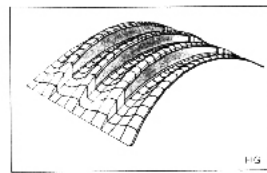


Fig. 13. Examples of calculations of gausas vaults or ruled surface vaults (from French: gauches). Eladio Dieste.

Una vez que se ha encontrado la distribución de cargas, el análisis se completa considerando la concha como un arco continuo y aplicando cualquier sistema de cálculo de arcos hiperestáticos como la Columna Analógica presentada por Hardy Cross alrededor de 1930 ¹⁶. Así, podríamos obtener eventualmente otras cargas relevantes como por ejemplo, N_ϕ , M_ϕ or M_x . Dado

strains differ considerably from the ones usual in concrete shells.

Obviously the conglomerate of brick, cement and steel is more heterogeneous than ferroconcrete and in this case it seems feasible to assume that the tensile stresses will be absorbed in their entirety by the available steel while the compression stress goes to the brick or rather the compound of brick and mortar. It is also noticeable that similar approaches are given when we apply the finite element method.

Dieste hardly ever included coefficients of load increase in his calculations and that contributed to a great extent to the slenderness of his design solutions at the cost of exponentially complicated calculations to cope with unpredictable effects. His fundamental reference in this respect was the book by the Hungarian engineer Hetényi, a follower of Timoshenko, which he used to complete the calculations of strains and ratio of bending moments for a series of arched frames. Dieste usually tried to reinforce his structures by following the isostatic lines but today it is generally admitted that to dispose steel bars following diagonal lines in the plan of the proposed shell is more cost-effective.

que las cargas se dan por éste u otro sistema complementario es notable que Dieste haya rescatado los métodos tradicionales de la ciencia de los materiales para determinar el refuerzo de barras que necesitaban las conchas¹⁷. En otras palabras los métodos usados para reforzar el concreto, como el principio de la parábola del rectángulo o de la ley del momento máximo, no encajan aquí porque la tensión difiere considerablemente de las usadas en las conchas de concreto.

Obviamente, el conglomerado de ladrillos, cemento y acero es más heterogéneo que el ferroconcreto y en este caso parece posible asumir que la presión por tensión se absorberá íntegramente por el acero disponible mientras que la presión por compresión va a los ladrillos y al mortero. Es también notable que relaciones similares se producen cuando aplicamos el método del elemento finito.

Dieste raramente incluye coeficientes de aumento de cargas en sus cálculos y que contribuye en mayor extensión a la esbeltez de la solución de diseño al costo de cálculos exponencialmente complicados para hacerle frente a efectos impredecibles. Su referencia fundamental en este sentido fue el libro del ingeniero húngaro Hetényi, un seguidor de Timoshenko, a quien usó para completar los cálculos de tensión y radio del momento de flexión para una serie de marcos arqueados.

Dieste trata de reforzar sus estructuras siguiendo las líneas isostáticas pero actualmente es admitido que disponer de varillas de acero en diagonal en el plano de la concha propuesta es más costo efectiva.

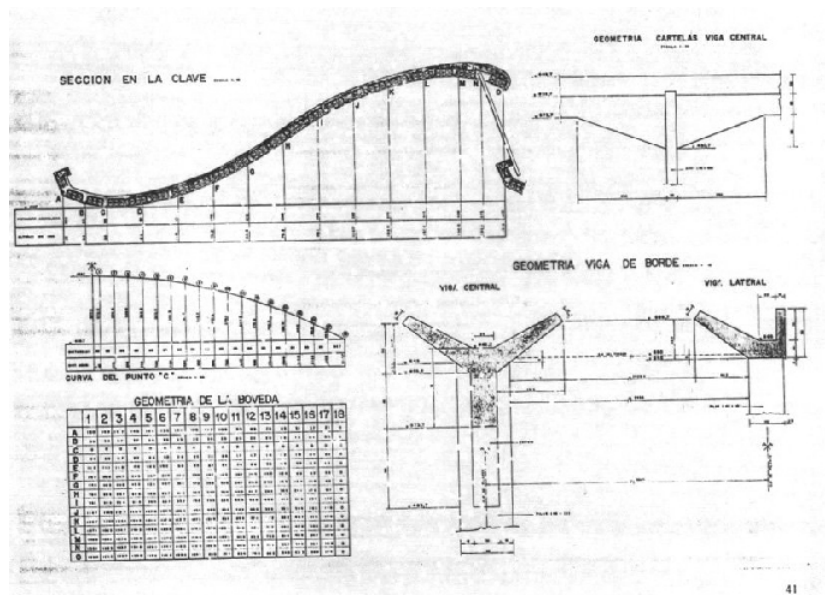


Fig. 14. Section of the gausas vaults, beams and calculation tables by Dieste / Corte de las bóvedas gausas, vigas y cálculo de tablas, por Dieste.



Fig. 15. The initial stage of the construction of the conoidal walls of Atlantida Church. Inicio de la construcción de las paredes conoidales de la Iglesia Atlántida.



Fig. 16: The works of the wall of Atlantida Church in Canelones (Uruguay). Las paredes de la Iglesia Atlántida en Canelones, Uruguay, en obra gruesa.



Fig. 17. Recent view of the Atlantida Church.

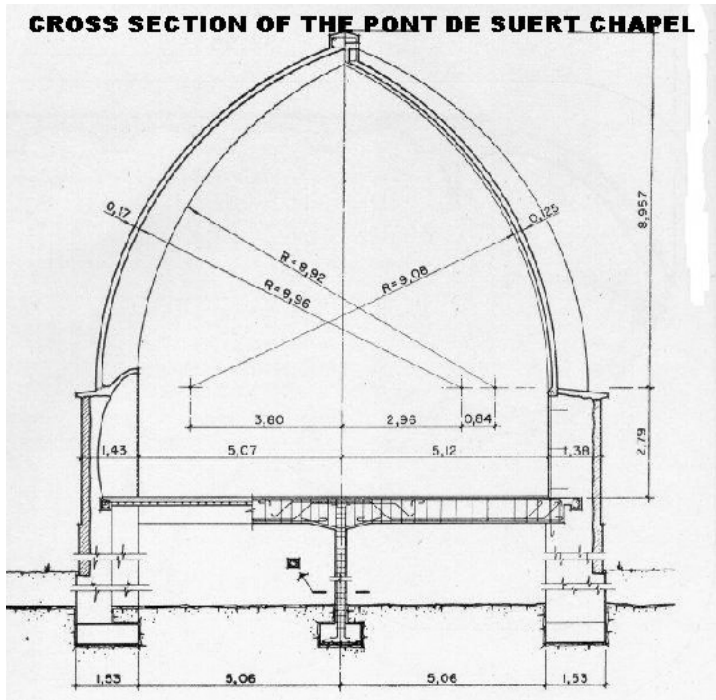


Fig. 17. Sectional drawing of the church at Pont de Suert showing the curved nave.

PARALLELS IN AMERICA AND SPAIN

Apart from his own company, Eladio Dieste found no other architects working in his wake. Despite this fact, some interesting experiences with ceramic shells took place in America and Spain. We will discuss them briefly.

1. Eduardo Torroja and the Pont de Suert Church

We would first cite the example of the Spanish Engineer Eduardo Torroja who, in a church at Pont de Suert in Lerida, Spain (1954), designed curved walls and vaults made of a thin terracotta tile called rasilla. Torroja arranged the tiles in three layers, the interior one lined with tenacious gypsum mortar and the exterior reinforced with smooth steel bars which could be added in other parts of the structure if need be. For reasons unknown to us, the system was never to be employed again. Some believe that the progressive diminution of workers familiar with this technique dissuaded him from further usage of his adroit ceramic structure.¹⁸

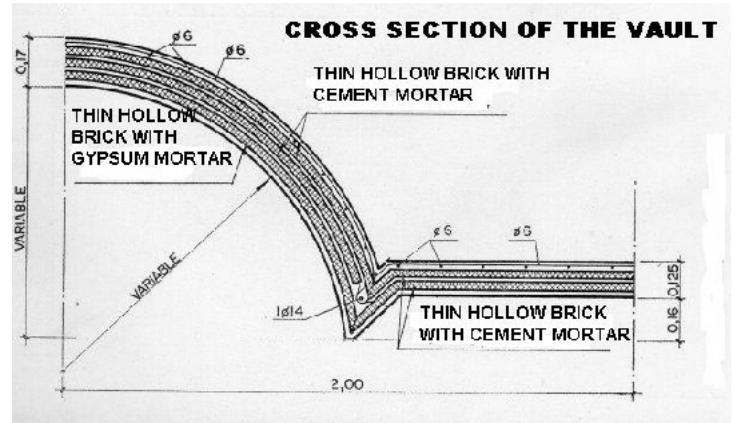


Fig. 18. Detail of one of the chapels of the former church composed of brick masonry and reinforcement bars.

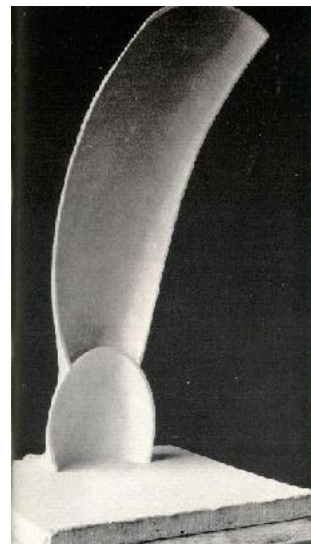
PARALELOS EN AMERICA Y ESPAÑA

Además de su propia empresa, Eladio Dieste no encontró otros arquitectos que trabajase en su línea. A pesar de ello, algunas experiencias interesantes de conchas de cerámica en América y España se llevaron a cabo. Las mencionaremos brevemente.

1. Eduardo Torroja la Iglesia de Pont de Suert

Primero queremos citar el ejemplo del ingeniero español Eduardo Torroja, quien en la Iglesia de Pont de Suert en Lérida, España, (1954), diseñó paredes curvas y bóvedas realizadas con delgadas tejas de terracota llamadas rasillas. Torroja ordenó las tejas en tres capas, la del interior cubierta con sólido mortero de yeso y la exterior reforzadas con varillas lisas de acero que podían añadirse en otras partes en caso necesario. Por razones desconocidas para nosotros, el sistema nunca se volvió a utilizar. Algunos piensan que la progresiva disminución de obreros familiarizados con esta técnica, lo disuadió de continuar el uso de su hábil estructura de cerámica.¹⁸

Fig. 21. Scale model of one of the chapels. Modelo a escala de una de las capillas.



2. CUBA'S UNFINISHED ART SCHOOLS

In 1959 Fidel Castro and Che Guevara decided to build a group of new art schools, at the site of a once prestigious golf club. Castro himself commissioned the construction to the young architect Ricardo Porro.

Porro, who had studied at Havana and Paris, was reportedly an admirer of the last expressive works of Le Corbusier. Together with two Italian friends, Vittorio Garatti and Roberto Gottardi, he started with the design in 1961, only a few days after the Bay of Pigs incident.

Porro assumed the leading role in the project for the school of modern dance and plastic arts, Roberto Gottardi designed the school of dramatic arts and Vittorio Garatti the school of music and ballet.

Under Castro's approval, Porro chose the Catalan vaults as the main structural system. Its budget was reasonable and allowed for unusual expression that could serve as a symbol for the young Cuban revolution. All buildings explored the potential of the material producing arrays of domes and sequences of barrel vaults. The way in which those buildings dealt with the urban and spatial problems while answering to the surrounding landscape, make this complex one of the most important architectural creations since the beginning of the 1960s.¹⁹

2. ESCUELA DE ARTE EN CUBA INCONCLUSA

En 1959 Castro y el Che Guevara decidieron construir un grupo de nuevas escuelas de arte, en el sitio donde hubo un prestigioso club de golf. El mismo Castro hizo el encargo del proyecto al joven arquitecto Porro.

Porro, quien había estudiado en la Habana y en París, se presentaba como un admirador de las últimas obras expresivas de Le Corbusier. Junto a dos amigos italianos Vittorio Garatti y Roberto Gottardi, comenzó el diseño en 1961, sólo unos pocos días después del incidente de Bahía Cochinos.

Porro asumió el liderazgo del proyecto de la escuela de Danza Moderna y Artes Plásticas, Roberto Gottardi diseñó la escuela de Artes Dramáticas y Vittorio Garatti la escuela de Música y Ballet.

Con la aprobación de Castro, Porro escogió las bóvedas catalanas como el principal sistema estructural. El presupuesto era razonable y permitía una expresión novedosa que podía servir como símbolo a la joven revolución cubana. Todos los edificios exploraron el potencial del material produciendo arreglos de domos y secuencias de bóvedas embarriladas. La forma como estos edificios trataban los problemas urbanos y espaciales mientras respondían al paisajismo circundante, hacen de este complejo una de las creaciones arquitectónicas más importantes desde principios de 1960.¹⁹



Fig. 19. Ricardo Porro, School of Plastic Arts.

However, the accomplishment of such projects relied mainly on a humble mason whose father had worked for Gaudí in Barcelona. The real scale models constructed by him helped to overcome the understandable scepticism of the authorities. Initially, the construction works on the schools progressed at a fast pace. Later on, due to the difficult political situation and the missile crisis of 1962, the construction was almost abandoned and eventually the schools were officially inaugurated before actually finishing them. A simultaneous increase of pressure from the USSR entailed more emphasis on prefabrication and forced a return to rationalistic principles. In 1968 the Catalan vaults were criticized for being individualistic, monumental and authoritarian, instead of scientific, flexible and efficient.²⁰

RECENT DEVELOPMENTS

In a surprising move during the latter years of his career (1996-1998), Dieste donated two of his church projects to the archbishopric of Alcalá de Henares near Madrid. Thus, it is possible nowadays in Spain to admire some of his building ideas.

The constructive system employed by Dieste entailed the use of hollow brick blocks ranging in thickness from 15 to 20 centimetres, similar to those laid in hollow core slabs. Thus the only way to place reinforcements is to insert the bars between the joints of each block, a difficult and time consuming process.



Fig. 20. Eladio Dieste. Church of San Juan de Avila. Alcalá de Henares (Spain).

Sin embargo, el logro de estos proyectos descansa principalmente en un humilde albañil cuyo padre trabajó para Gaudí en Barcelona. Los modelos a escala real construidos por él ayudaron a sobrepasar el comprensible escepticismo de las autoridades. Inicialmente, la construcción de las escuelas progresó rápido. Más tarde, debido a la difícil situación política y a la crisis de los misiles en 1962, la construcción fue casi abandonada y las escuelas se inauguraron antes de estar terminadas. Una simultánea y creciente presión de la URSS produjo mayor énfasis en la prefabricación y forzó a retornar a los principios racionalistas. En 1968 las bóvedas catalanas fueron criticadas por ser individualistas, monumentales y autoritarias, en lugar de científicas, flexibles y eficientes.²⁰

DESARROLLOS RECIENTES

En un acto sorprendente en los últimos años de su carrera (1996-1998), Dieste donó dos proyectos de sus Iglesias a la Arquidiócesis de Alcalá de Henares cerca de Madrid. Así es posible admirar en España algunas de sus ideas edilicias.

El sistema constructivo empleado por Dieste implica el uso de ladrillos huecos arreglados en grosores de 15 a 20 cms, similar a los de los bloques huecos. Así, la única forma de poner refuerzos es insertando varillas entre las juntas de cada block un proceso difícil y consumidor de tiempo.

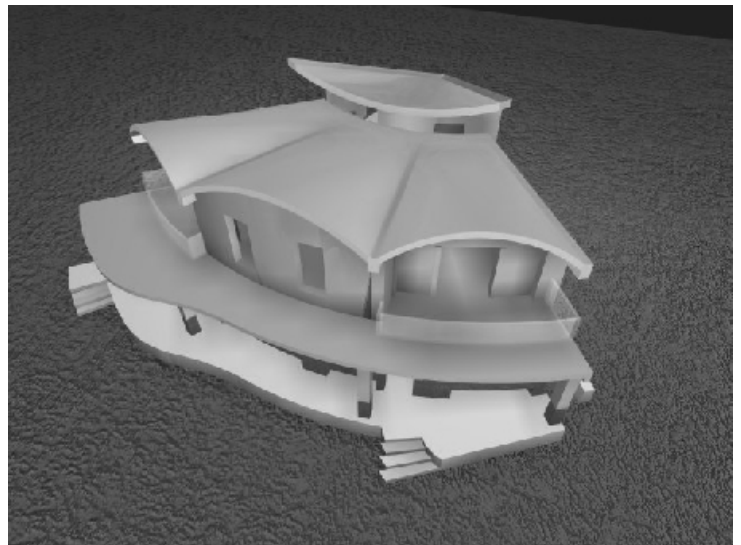


Fig. 21. A computer model of Calabuig's House entirely roofed with ceramic shells. Jose Maria Cabeza Lainez. Seville (1998).

Moreover, sliding scaffolding is needed until the cement mortar achieves the necessary rigidity and this further complicates construction and increases the required manpower.

Sin embargo, se necesita un andamiaje deslizable hasta que el mortero alcance la rigidez necesaria y esto complica la construcción y aumenta la mano de obra requerida.



Fig. 21. Interior of a conical brick shell at Calabuig's House in Seville (Spain).



Fig. 22. View of the construction system of the brick vaults.

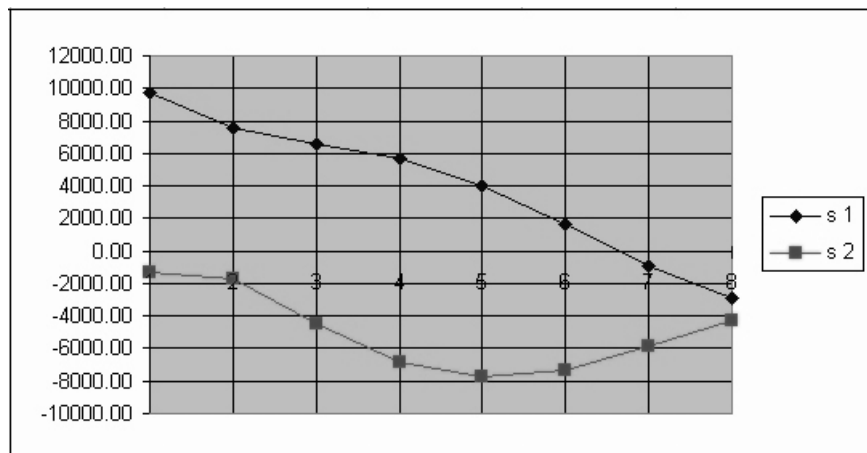


Fig. 23. Diagram of the stresses along the principal axes σ_1 and σ_2 in the central vault of the house.



Fig. 24. The central and side vaults of the former house under construction.

By revamping the construction techniques previously described the authors have implemented a new system that, in parallel with the one used by Torroja, employs both the systems of Catalan vaults and the now available corrugated steel reinforcement.

In this situation the reinforcement needs not to be placed between each joint, instead it is prefabricated in panels previously calculated by means of the beam theory or by finite element methods as the case may be. This considerably simplifies the process and reduces man-power.

Since the first layer is laid with gypsum mortar, permanent forms or scaffolding are not required. The system has been utilized at different buildings in Andalusia, being efficient, economical and durable. Any inconveniences derived from this new technique appear to be easily resolved or negligible²¹.

CONCLUSION

Apart from the technical aspect we should not forget the moral dimension enshrined in all Eladio Dieste oeuvre. It was truly a means to escape from underdevelopment in South America and to give back their lost dignity to the construction workers from the native nations. All the aforementioned led him to create a singular poetics of architecture generated from the essence of matter itself and from the tectonic attributes of the idea. It now seems clear that the challenge addressed to the developed nations by Dieste in his manifesto "Técnica y Subdesarrollo" (Technique and Underdevelopment) continues to produce new adaptations beyond a given time and place. This, in turn, defies the status quo of contemporary technology and its social and environmental repercussions²².

It is expected that such attitude will encourage the reliance on masonry as a timeless way of building with nature in every region. Consequently, designers, upon using these resources, will become aware of and appreciate their potential. The tab-leau is set for a new American native regionalism to thrive and develop.²³

Renovando las técnicas constructivas antes descritas, los autores implementaron un nuevo sistema que, paralelamente al usado por Torroja, emplea ambos sistemas el de las bóvedas catalanas y el ahora disponible acero corrugado reforzado.

En esta situación y para evitar el uso de refuerzos necesarios entre cada unión, se prefabrican paneles previamente calculados en relación a la teoría de la viga o por el método de elementos finitos según sea el caso. Esto simplifica considerablemente el proceso y reduce la mano de obra.

Desde la postura de la primera capa con mortero gypsum, el andamiaje no es necesario. El sistema se utilizó en diferentes edificios en Andalucía, siendo eficiente, económico y durable. Cualquier inconveniente derivado de esta nueva técnica parece ser fácilmente resuelto o insignificante.

CONCLUSION

Aparte de los aspectos técnicos, no podemos olvidar la dimensión moral consagrada en toda la obra de Eladio Dieste. Fue realmente una forma de huir del subdesarrollo en Sudamérica y devolver a los trabajadores de la construcción su perdida dignidad. Todo lo anteriormente mencionado lo condujo a crear una poética singular de la arquitectura generada de la esencia de la materia misma y de los atributos tectónicos de la idea. Actualmente parece claro que el desafío dirigido por Dieste a las naciones desarrolladas en su manifiesto "Técnica y Subdesarrollo" continúa produciendo nuevas adaptaciones más allá de un momento y lugar. Esto, además, desafía el status quo de la tecnología contemporánea y sus repercusiones sociales y ambientales"²².

Se espera que esta actitud motive la confianza en la albañilería como una forma constructiva intemporal con la naturaleza en cada región. Consecuentemente, los diseñadores, luego de usar estos recursos, se concientizarán y apreciarán su potencial. El marco está dado para que un nuevo conjunto de regionalismos americanos nativos prospere y se desarrolle.²³

It might be said as an epilogue that Dieste devoted his life to make true the famous poem of Hölderlin:

*"full of merits but poetically dwells Man
on this Earth".*²⁴

ACKNOWLEDGEMENTS

It is the authors' wish to express their deepest gratitude to Professors Cesar Naselli, Noemi Goytia, and Irene Blasco Lucas for their kindness and help in the early research stages of this work in Argentina and Uruguay.

The authors' most heartfelt thanks go to the Architect Mariano Arana a former school companion of Eladio Dieste and now Minister of Housing of Uruguay, who deigned to review part of this text and publicly expressed his enthusiasm about it.

REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY

- 1) S. Anderson, Ed. (2004). Eladio Dieste, Innovation in Structural Art. Princeton Architectural Press. New York.
- 2) S. Giedion (1971). Architecture and the phenomena of Transition. Harvard University Press.
- 3) O. F. Bollnow (2000). Mensch und Raum (Man and the Space). Kohlhammer. Stuttgart. 2000.
- 4) R. Guastavino (1893). Essay On The Theory And History Of Cohesive Construction. Ticknor and Company. Boston.
- 5) J. McAndrew (1965). Open-air Churches of 16th century México. Harvard University Press. Cambridge, p. 405
- 6) J. M. Cabeza Lainez (2001). The Quest for Daylight. Evolution of domes in South-American baroque. Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA). Florianópolis (Brazil).
- 7) T. C. Bannister (1968). The Rousillon Vault. The Apoteosis of a 'Folk' Construction. Journal of the Society of Architectural Historians (JSAH), 27. Number 3, October. Pg. 169, note 83.
- 8) G. R. Collins. (1968) The Transfer of Thin Masonry Vaulting from Spain to America. Journal of the Society of Architectural Historians (JSAH), 27. Number 3, October.
- 9) F. Candela (1984). Personal Communication to Jose Maria Cabeza Lainez.
- 10) Compilation (1975). AC/ G.A.T.E.P.A.C. 1931-1937. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- 11) K. Frampton (1995). Studies In Tectonic Culture. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- 12) J. F. Liernur (1997). Tipo, Damero y Tabla Rasa: El Debate Modernista Sobre la Vivienda en Altura en Buenos Aires. Primer Seminario Docomomo Ibérico, Zaragoza.

Debemos agregar a modo de epílogo que Dieste dedicó su vida a realizar el famoso poema de Hölderlin:

*"lleno de méritos pero poéticamente habita el
Hombre en esta Tierra".*²⁴

ACKNOWLEDGEMENTS

Es deseo de los autores expresar su profunda gratitud a los profesores Cesar Naselli, Noemi Goytia e Irene Blasco Lucas por su generosidad y ayuda en las pesquisas tempranas de este trabajo en Argentina y Uruguay.

El más sincero agradecimiento para el arquitecto Mariano Arana, un ex compañero de colegio de Eladio Dieste y actual Ministro de la Vivienda del Uruguay, quien se dignó revisar parte de este texto y expresó públicamente su entusiasmo sobre el mismo.

- 13) H. Lundgren (1949). Cylindrical Shells. Vol.1 of Cylindrical Roofs. Danish Technical Press. Copenhagen.
- 14) (1985) (ilegible - en japonés en el original).
- 15) G. S. Ramaswamy (1984). Design and Construction of Concrete Shell Roofs. R. E. Krieger. Malabar, Florida.
- 16) H. Cross (1930). Column Analogy. Engineering Experiment Station Bulletin, nº 215, Vol. 28, Nº 7. University of Illinois.
- 17) E. Dieste (1987). La Estructura Cerámica. Ediciones Latinoamericanas. Bogotá.
- 18) Monograph on the works of Eduardo Torroja (1962). Informes de la Construcción. nº 137. Instituto Eduardo Torroja. Madrid.
- 19) J. A. Loomis (1999). Revolution of Forms. Cuba's Forgotten Art Schools. Princeton University Press. New York.
- 20) D. Neumann.(1999) The Guastavino System in Context: History and Dissemination of a Revolutionary Vaulting Method. APT Bulletin 30, 4.
- 21) J. M. Cabeza Lainez (2000). Las bovedas de ceramica armada en la obra de Eladio Dieste.III Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Instituto Juan de Herrera. Madrid.
- 22) E. Tedeschi (1969). Teoria e Historia de la Arquitectura. Nueva Visión. Buenos Aires.
- 23) B. Stagno et al. (2001).Tropical Architecture. Critical Regionalism in the Age of Globalization. John Wiley and sons.
- 24) Heidegger und Hölderlin/Schriftenreihe (2000). Klostermann.

1. Contact Author: Jose Maria Cabeza Lainez,
Professor of the School of Architecture at the University of Seville,
6-4-33,
Fukui, Nishi-ku, 063-0012 Sapporo. Japan
Tel: (011) 663 4943 Fax: (011) 663 4943
e-mail: crowley@us.es

2 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez
3 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez
4 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez
5 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez
6 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez
7 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez
8 JAABE vol.8 No.1 May.2009 Jose Maria Cabeza Lainez

